

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



549604

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
30. September 2004 (30.09.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/084377 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H02K 3/24**,  
3/50, 9/22

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/002683

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. März 2004 (15.03.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 12 441.1 20. März 2003 (20.03.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **COMPACT DYNAMICS GMBH** [DE/DE];  
Moosstrasse 9, 82319 Starnberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GRÜNDL, Andreas**  
[DE/DE]; Haseneystasse 20, 81377 München (DE).  
**HOFFMANN, Bernhard** [DE/DE]; Otto-Gassner-Strasse  
3, 82319 Starnberg (DE).

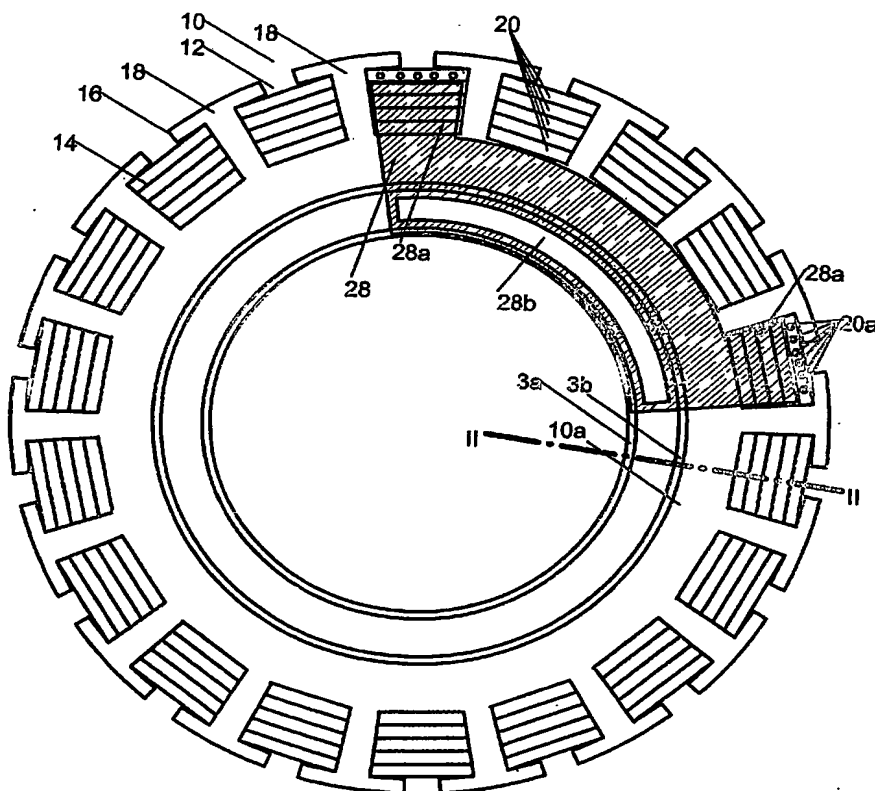
(74) Anwalt: **SCHMIDT, Steffen, J.**; Schweigerstrasse 2,  
81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TRAVELLING-WAVE MACHINE

(54) Bezeichnung: WANDERFELDMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a travelling-wave machine comprising a stator (10) and a rotor, each having at least one stator winding (14) or rotor winding. According to the invention, the stator (10) and the rotor have a soft magnetic iron body with a stator back (10a) or rotor back, equipped with interspaced grooves (16) that form teeth (18). The stator winding (14) and rotor winding comprise conductive bars (20) that are arranged in the grooves (16) of the stator (10) or rotor in addition to front connectors (22) that connect the conductive bars (20) and are arranged on the end faces of the stator (10) or rotor. Said front connectors are connected conductively to the conductive bars (20) in order to electrically connect conductive bars in grooves (16) lying at a distance from one another. The front connectors (22) form a multi-layer stack (25) and comprise at least one thermally conductive projecting element (28), which leads to a heat sink (30).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/084377 A1



PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT,

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Wanderfeldmaschine mit einem Ständer (10) und einem Läufer, die jeweils wenigstens eine Ständerspule (14) bzw. eine Läuferspule aufweisen, wobei der Ständer (10) bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer (10a) bzw. Läuferrücken aufweist, an dem unter Bildung von Zähnen (18) beabstandete Nuten (16) ausgebildet sind, und die Ständer- (14) bzw. Läuferspulen in den Nuten (16) des Ständers (10) bzw. des Läufers angeordnete Leiterstäbe (20) und an den Stirnseiten des Ständers (10) bzw. Läufers angeordnete, die Leiterstäbe (20) verbindende Stirnverbinder (22) aufweisen, die mit den Leiterstäben (20) elektrisch leitend verbunden sind, um Leiterstäbe in voneinander beabstandeten Nuten (16) elektrisch zu verbinden, wobei die Stirnverbinder (22) ein geschichtetes Paket (25) bilden, von dem wenigstens ein thermisch leitendes Element (28) absteht, das zu einer Wärmesenke (30) reicht.

## **Wanderfeldmaschine**

### **Beschreibung**

#### **Bereich der Erfindung**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wanderfeldmaschine. Insbesondere betrifft die Erfindung eine Wanderfeldmaschine mit einem Ständer und einem Läufer, die jeweils wenigstens eine Ständerspule bzw. eine Läuferspule aufweisen, wobei der Ständer bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer- bzw. Läuferrücken aufweist. An dem weichmagnetischen Eisenkörper sind unter Bildung von Zähnen beabstandete Nuten ausgebildet, die zu einem Luftspalt hin orientiert sind, den der Ständer mit dem Läufer begrenzt.

#### **Begriffsdefinitionen**

Unter dem Begriff "Wanderfeldmaschinen", also Asynchron-, Synchron-, Reluktanzmaschinen etc. sind sowohl Motoren als auch Generatoren verstanden, wobei es insbesondere für die Erfindung unerheblich ist, ob eine solche Maschine als rund laufende Maschine oder zum Beispiel als Linearmotor ausgestaltet ist. Außerdem ist die Erfindung sowohl bei Innenläufermaschinen als auch bei Außenläufermaschinen einsetzbar.

#### **Hintergrund der Erfindung**

Bei der Verminderung des Volumens hocheffizienter elektrischer Maschinen spielt die Bauform und Anordnung der Leiter eine entscheidende Rolle. Möglichst kurze Leiterlängen in den Wicklungsköpfen bei einer hohen Raumausnutzung vermindern die ohmschen Verluste und erhöhen die Leistungsdichte der elektrischen Maschine.

Da die ohmschen Verluste in der Ansteuerung und in der Wicklung dem zu schaltenden Strom proportional sind, muß eine gewisse Leiterlänge im Magnetfeld bereitgestellt werden, um bei einem möglichst niederohmigen Leiteraufbau eine der gewünschten hohen Ansteuerspannung entsprechende induzierte Gegenspannung zu erzeugen.

Konventionelle elektrische Maschinen werden überwiegend mit kontinuierlichen Drähten - meist mit rundem Querschnitt - gewickelt. Ein dünner, flexibler Draht lässt sich zwar einfach in die Nuten einlegen, ein Nachteil besteht jedoch in der geringen Raumausnutzung in den Nuten und Wicklungsköpfen. Drähte mit rundem Leiterquer-

schnitt können die Querschnittsfläche der Nut nicht vollständig ausnutzen. Zur Erhöhung des Füllfaktors der der Nuten (Gesamt-Drahtquerschnittsfläche/Nutquerschnittsfläche) werden sogenannte Formstab-Spulen eingesetzt, bei denen an die geometrische Querschnittsgestalt der Nut angepasste, in der Regel viereckige Leiterstäbe in die Nuten eingesteckt werden, die über Stirnverbinder an ihren Enden verbunden sind, um die Spulen zu bilden. Zur Verringerung der ohmschen Verluste in den Wicklungsköpfen, also den aus den Nuten herausragenden Leitungsabschnitten der Spulen, sind eine Reihe von Lösungsansätzen bekannt, die auf die Gestaltung der Geometrie der Wicklungsköpfe gerichtet sind.

#### Stand der Technik

Aus der DE 38 03 752 A1 ist ein Ständer für einen Drehstromgenerator bekannt dessen Ständerblechpaket Nuten aufweist, in denen Ständerwicklungen angeordnet sind. Dabei haben die Ständerwicklungsabschnitte innerhalb der Nuten einen rechteckigen Querschnitt und die die Spulenköpfe bildenden Ständerwicklungsabschnitte außerhalb der Nuten einen kreisrunden Querschnitt. Die Ständerwicklungsabschnitte mit dem kreisrunden Querschnitt sind durch hohlzylindrische Leiter gebildet. Die Ständerwicklungsabschnitte mit dem rechteckigen Querschnitt sind durch Zusammenpressen des hohlzylindrischen Leiters gebildet.

Aus der GB 1 329 205 ist es bekannt, die Wicklungen als Gußkörper herzustellen, bei denen die (aus den Nuten herausragenden) Endabschnitte einen größeren Querschnitt haben als die Leiterabschnitte in den Nuten.

Aus der EP 1 039 616 A2 ist eine Wanderfeldmaschine bekannt, deren Ständer eine Ständerspule trägt. Der Ständer hat einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständerrücken an dem unter Bildung von Zähnen beabstandete Nuten ausgebildet sind. Die Ständerspulen haben in den Nuten angeordnete Leiterstäbe und an den Stirnseiten des Ständers angeordnete, die Leiterstäbe verbindende Stirnverbinder. Die Stirnverbinder der Ständerspulen sind quer zum Nutengrund angeordnet und überragen den Nutengrund in Richtung des Ständerrückens. Die Leiterabschnitte im Stirnbereich des Stators überragen diesen radial nach innen. Die Stirnverbinder und die Leiterstäbe sind durch Zapfen miteinander vernietet.

Aus der DE 1 123 038 und der DE 101 56 268 sind Ständer für elektrische Maschinen bekannt, die zumindest eine um die Peripherie des Wickelkopfes in Umfangsrichtung umlaufende Rohrleitung aufweisen. Durch jede Rohrleitung fließt ein Kühlmittel, das

die vom Wickelkopf kommende Wärme abführt. Die Rohrleitung des aus der DE 1123 038 bekannten Ständers muss mittels einer komplizierten Anordnung von Kupferstreifen und Bolzen an dem Wickelkopf angebracht und befestigt werden. Die Rohrleitungen des aus der DE 101 56 268 bekannten Ständers sind an örtlich sehr begrenzten Teilen der Peripherie des Wickelkopfes fixiert. In beiden Fällen ist deshalb der thermische Kontakt zwischen Wickelkopf und Kühlmittel weit entfernt von optimal.

Aus der DE 101 43 217 ist eine technisch vorgeschrittene Wanderfeldmaschine bekannt, deren Ständer bzw. Läufer Stirnverbinder hat, die eine bestimmte Dicke im wesentlichen quer zu einem zwischen dem Ständer und dem Läufer befindlichen Luftspalt haben, welche Dicke in Beziehung mit der Dicke und der Zahl der Leiterstäbe und mit der Tiefe des Ständer- bzw. Läuferückens steht.

#### Der Erfindung zugrundeliegendes Problem

Den vorstehend erläuterten, bekannten Anordnungen haftet der Nachteil an, die Anforderungen an die Leistungsdichte, wie sie in einigen Anwendungsbereichen gestellt werden, nur teilweise zu erfüllen. Insbesondere bei Anwendungen, in denen die elektrische Maschine erhöhten Umgebungstemperaturen (etwa über 100° Celsius) ausgesetzt ist, steigen die ohmschen Verluste in den Spulen wegen des erhöhten spezifischen Widerstandes des Spulenmaterials erheblich an und tragen zu den Gesamtverlusten nennenswert bei. Vorzugsweise sollte die Maschine auch eine Ausführung aufweisen, die thermisch effizient und im Zusammenbau unkompliziert ist.

#### Erfindungsgemäße Lösung

Zur Lösung dieser Probleme lehrt die Erfindung eine Wanderfeldmaschine der oben genannten Art, mit einem Ständer und einem Läufer, die jeweils wenigstens eine Ständerspule bzw. eine Läuferspule aufweisen, wobei der Ständer bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer- bzw. Läuferücken aufweist, an dem unter Bildung von Zähnen beabstandete Nuten ausgebildet sind, und die Ständer- bzw. Läuferspulen in den Nuten des Ständers bzw. des Läufers angeordnete Leiterstäbe und an den Stirnseiten des Ständers bzw. Läufers angeordnete, die Leiterstäbe verbindende Stirnverbinder aufweisen, die mit den Leiterstäben elektrisch leitend verbunden sind, um Leiterstäbe in voneinander beabstandeten Nuten elektrisch zu verbinden, wobei die Stirnverbinder ein geschichtetes Paket bilden, von dem wenigstens ein thermisch leitendes Element absteht, das zu einer Wärmesenke

- 4 -

reicht. Jeder Stirnverbinder ist aus einem im wesentlichen ebenen dünnen Blech gebildet, das in seiner auf die Mittellängsachse des Ständers bzw. des Läufers bezogenen radialen Erstreckung von dem jeweiligen Leiterstab etwa bis zu der bzw. in die Wärmesenke (30) reicht.

5

Diese Ausgestaltung erlaubt eine maximale Ausnutzung des vorhandenen Raums (sowohl in axialer als auch in radialer bzw. seitlicher Richtung) bei gleichzeitiger Leistungsoptimierung der elektrischen Maschine mit sehr hoher Zuverlässigkeit im Betrieb; insbesondere bei Anwendungen, in denen die elektrische Maschine erhöhten Umgebungstemperaturen (z.B. etwa über 100° Celsius) ausgesetzt ist.

10

#### Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht das thermisch leitende Element mit wenigstens einem der Stirnverbinder in thermischem (Ober-) Flächenkontakt um eine thermische Verbindung zu der Wärmesenke zu bilden. Alternativ dazu kann das thermisch leitende Element als Fortsatz eines der Stirnverbinder ausgestaltet sein und von diesem abstehen um eine thermische Verbindung zu der Wärmesenke zu bilden.

15

20

Jedes der thermisch leitenden Elemente ragt dabei – je nach Ausgestaltung - in die Wärmesenke hinein oder ist mit deren Aussenwand thermisch leitend verbunden.

Vorzugsweise ist die Wärmesenke eine koaxial zu den Leiterstäben angeordnete Fluidkühlung.

25

Jeder der Stirnverbinder kann aus einem im wesentlichen ebenen dünnen Blech gebildet sein, das in seiner auf die Mittellängsachse des Ständers bzw. des Läufers bezogenen radialen Erstreckung von dem jeweiligen Leiterstab etwa bis zu der bzw. in die Wärmesenke reicht.

30

Dabei können die aus einem im wesentlichen ebenen dünnen Blech gebildeten Stirnverbinder zur Mittellängsachse des Ständers bzw. des Läufers entweder im wesentlichen quer oder im wesentlichen tangential orientiert sein. Mit anderen Worten sind die Stirnverbinder entweder flach oder hochkant orientiert. Die thermisch leitenden Elemente haben im wesentlichen die selbe Orientierung wie die Stirnverbinder.

35

- 5 -

Die Leiterstäbe haben an ihren Enden jeweils einen Zapfen, der in eine entsprechend geformte Ausnehmung an einem Ende des Stirnverbinders eingreift, um mit diesem eine elektrisch leitende Verbindung einzugehen.

5 Die die elektrisch leitende Verbindung der Enden der Stirnverbinder und der Enden der Leiterstäbe kann durch Elektro-Impuls-Schweißen ausgeführt sein. Alternativ können die Enden der Stirnverbinder mit den Enden des Leiterstabes auch durch Laserschweißen elektrisch leitend verbunden sein.

10 Abhängig von den Isolationsanforderungen an die Spulen der erfindungsgemäßen Wanderfeldmaschine sind Leiterstäbe und/oder der Stirnverbinder mit einem Kunststoff-, Keramik- oder Email-Überzug versehen. Es ist jedoch auch möglich, die Leitungen aus Aluminium herzustellen, so dass die Isolation der Leiterstäbe bzw. der Stirnverbinder gegeneinander durch eine Schicht aus Aluminiumoxid gebildet ist.

15 In entsprechender Weise können die thermisch leitenden Elemente aus Kupfer-, Aluminium-, oder diese Metalle enthaltenden Legierungen gebildet sein. Alternativ dazu können die thermisch leitenden Elemente auch aus Aluminiumnitrid geformt sein.

20 Vorzugsweise ist die Wärmesenke durch Wandabschnitte gebildet, die mit den thermisch leitenden Elementen einen Kanal für wärmeabführendes Fluid, insbesondere Wasser oder Öl begrenzen.

25 In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Wanderfeldmaschine sind die Wandabschnitte der Wärmesenke durch zur Mittellängsachse des Ständers bzw. des Läufers konzentrische Ringelemente gebildet, von denen jeweils benachbarte Ringelemente thermisch leitende Elemente zwischen sich aufnehmen.

30 Zur Bildung des Kühlkanals, durch den das wärmeabführende Fluid strömt, sind die Wandabschnitte der Wärmesenke mit den thermisch leitenden Elementen verlötet, verschweißt, verklebt oder anderweitig fluiddicht und im wesentlichen formbeständig verbunden.

35 Bevorzugt sind die Wandabschnitte der Wärmesenke und die thermisch leitenden Elemente aus Kupfer, Aluminium, oder anderen thermisch leitenden Materialien ge-

bildet. Es können je nach Besonderheiten des Einsatzgebietes der Wanderfeldmaschine auch andere thermisch gut leitenden Materialien eingesetzt werden.

Es besteht auch die Möglichkeit, bei elektrischen Maschinen, bei denen der Ständer bzw. Läufer ein Kühlkanal hat, die Wärmesenke für die Stirnverbinder mit der Wärmesenke für den Ständer bzw. Läufer fluidleitend zu verbinden. Dies verringert den Fluid-Leitungsauswand. Im Übrigen kann die Wärmesenke für die Stirnverbinder auch mechanisch mit dem Kühlkanal verbunden sein.

Dieser Kühlkanal ist bevorzugt an dem Rücken des Ständers bzw. Läufers als Wärmesenke angeordnet.

Weitere Merkmale, Eigenschaften, Vorteile und mögliche Abwandlungen werden für einen Fachmann anhand der nachstehenden Beschreibung deutlich, in der auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen ist.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

In Fig. 1 ist schematische Querschnittsdarstellung eines Ständers für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung schematisch veranschaulicht.

In Fig. 2 ist schematische Längsschnittsdarstellung eines Ständers für eine elektrische Maschine gemäß Fig. 1 entlang der Linie II-II veranschaulicht.

#### Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

In den Zeichnungen ist ein Ständer 10 für eine elektrische Maschine gemäß der Erfindung einer (nicht weiter veranschaulichten) Aussenläufermaschine, wobei die Erfindung auch für eine Innenläufermaschine einsetzbar ist. Der Ständer 10 ist in der vorliegenden Ausführungsform aus übereinandergestapelten Blechen 11 aufgebaut, könnte aber auch aus zu der entsprechenden Form gepreßten und gesinterten Eisenpartikeln bestehen.

Der Ständer 10 Der Ständer 10 ist ein weichmagnetischer Eisenkörper mit einem Ständerrücken 10a und hat nebeneinander angeordnete Nuten 12, durch die Wicklungskammern für die entsprechenden Ständerspulenwicklungen 14 gebildet sind. In der gezeigten Ausführungsform haben die Wicklungskammern 12 einen im wesentlichen viereckigen Querschnitt, wobei sie an ihrer dem (nicht gezeigten) Läufer zugewandten Seite Schlitze 16 haben. Jeweils zwischen zwei Schlitzen 16 sind damit Zähne 18 gebildet (siehe Fig. 1) Dabei haben die Stirnverbinder 22 eine im wesentli-



- 7 -

chen parallele Orientierung relativ zur Stirnfläche des Ständers bzw. Läufers oder zu den Blechen 11.

Jede Ständerspule 14 ist aus im Querschnitt im wesentlichen rechteckigen Leiterstäben 20 gebildet, welche in die Wicklungskammern 12 eingebracht sind und mit Stirnverbindern 22 verbunden sind. Die Stirnverbinder 22 aller Wicklungen bilden zusammen Wicklungsköpfe 24 (siehe Fig. 2). Dabei zeigt der in Fig. 2 gezeigte Querschnitt nur ein Ende der Leiterstäbe bzw. eine Stirnseite des Ständer. Das andere, nicht gezeigte Ende stimmt spiegelbildlich überein.

Wie in Fig.2 gezeigt ist, bilden die die Leiterstäbe 20 elektrisch leitend verbindenden Stirnverbinder 22 ein geschichtetes Paket 26, von dem jeweils zwischen zwei Stirnverbindern 22 ein thermisch leitendes Element 28 absteht, das zu einer Wärmesenke 30 in Gestalt eines von Kühlflüssigkeit durchströmten Flüssigkeitskanals reicht.

Die thermisch leitenden Elemente 28 stehen mit den Stirnverbindern 22 in thermischem (Ober-)Flächenkontakt um eine thermische Verbindung zu der Wärmesenke 30 herzustellen. Dazu ragen die thermisch leitenden Element 27 in die Wärmesenke 30 hinein. Wie aus Fig. 2 ersichtlich, sind die Stirnverbinder 22 aus einem im wesentlichen ebenen dünnen Blech gebildet ist, das in seiner auf die Mittellängsachse M des Ständers 10 bezogenen radialen Erstreckung von dem jeweiligen Leiterstab (20) in die Wärmesenke 30 reicht.

Die Leiterstäbe 20 und die Stirnverbinder 22 sind in diesem Ausführungsbeispiel aus Kupfer und haben an ihren Enden jeweils Zapfen 20a. Jeder Zapfen 20a greift in eine entsprechende Ausnehmung 22a am Ende des jeweiligen Stirnverbinders 22 ein, um mit diesem eine elektrisch leitende Verbindung einzugehen. Dazu wird der Zapfen 22a mit der Ausnehmung 22a am Ende des Stirnverbinders 22 durch Elektro-Impulsschweißen oder durch Laserschweißen elektrisch leitend verbunden. Es ist jedoch auch möglich, auf die Zapfen 20a und die Ausnehmungen 22a zu verzichten und die Schweissung stumpf auszuführen. Jeder der Leiterstäbe und der Stirnverbinder sind zur elektrischen Isolation mit einem Keramik- oder Email-Überzug versehen.

Der die Wärmesenke bildende von Kühlflüssigkeit durchströmte Flüssigkeitskanal 30 ist durch Wandabschnitte 30a, 30b gebildet, die zusammen mit den thermisch leitenden Elementen 28 einen hohlring-zylindrischen Kanal für wärmeabführendes Fluid begrenzen. Dazu sind die Wandabschnitte der Wärmesenke 30 durch zur Mit-

- 8 -

tellängsachse M des Ständers 10 konzentrische Ringelemente 30a, 30b gebildet, von denen jeweils benachbarte Ringelemente 30a, 30a und 30b, 30b thermisch leitende Elemente 28 zwischen sich aufnehmen und mit diesen verschweisst oder verlötet sind.

5 Wie in Fig. 1 veranschaulicht, haben die thermisch leitenden Elemente 28 eine kreissegmentförmige Gestalt, bei denen radiale Fortsätze 28a jeweils zu den Leiterstäben 20 reichen, mit denen sie an den Zapfen 20a verschweisst sind. Der in die Wärmesenke 30 hineinreichende radial innere Abschnitt des thermisch leitenden Elementes 28 hat eine der Gestalt des Ringkanals der Wärmesenke 30 folgende Ausnehmung 10 28b, um die Strömung des Kühlfluides nicht zu behindern.

Wie in Fig. 2 veranschaulicht, hat der Ständer 10 an seinem Rücken 10a eine eigene Fluidkühlung in Form eines Kühlflüssigkeitskanals 40. Dieser Kühlflüssigkeitskanals 15 40 ist coaxial zu dem von Kühlflüssigkeit durchströmten Flüssigkeitskanal 30 für die Kühlung der Stirnverbinder 22 angeordnet. Außerdem sind die beiden Kühleinrichtungen über Durchlässe 42 miteinander fluidleitend verbunden.

Die in den Fig. gezeigten Verhältnisse und Proportionen der einzelnen Teile und Abschnitte hiervon zueinander und deren Materialdicken sind nicht einschränkend zu 20 verstehen. Vielmehr können einzelne Abmessungen auch von den gezeigten abweichen.

**Patentansprüche**

- 5 1. Wanderfeldmaschine mit einem Ständer (10) und einem Läufer, die jeweils wenigstens eine Ständerspule (14) bzw. eine Läuferspule aufweisen, wobei
- der Ständer (10) bzw. der Läufer einen weichmagnetischen Eisenkörper mit einem Ständer- (10a) bzw. Läuferrücken aufweist, an dem unter Bildung von Zähnen (18) beabstandete Nuten (16) ausgebildet sind, und
  - 10 - die Ständer- (14) bzw. Läuferspulen in den Nuten (16) des Ständers (10) bzw. des Läufers angeordnete Leiterstäbe (20) und an den Stirnseiten des Ständers (10) bzw. Läufers angeordnete, die Leiterstäbe (20) verbindende Stirnverbinder (22) aufweisen, die mit den Leiterstäben (20) elektrisch leitend verbunden sind, um Leiterstäbe in voneinander beabstandeten Nuten (16) elektrisch zu verbinden, wobei
  - 15 - die Stirnverbinder (22) ein geschichtetes Paket (25) bilden, von dem wenigstens ein thermisch leitendes Element (28) absteht, das zu einer Wärmesenke (30) reicht,
  - dadurch gekennzeichnet, dass jeder Stirnverbinder (22) aus einem im wesentlichen ebenen dünnen Blech gebildet ist, das in seiner auf die Mittellängsachse des Ständers (10) bzw. des Läufers bezogenen radialen Erstreckung von dem jeweiligen Leiterstab
  - 20 (20) etwa bis zu der bzw. in die Wärmesenke (30) reicht.
2. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, wobei
- das thermisch leitende Element (27) mit wenigstens einem der Stirnverbinder (22) in thermischem (Ober-)Flächenkontakt steht, oder als Fortsatz des thermisch leitenden Elementes (28) von diesem absteht um eine thermische Verbindung zu der
  - 25 Wärmesenke zu bilden.
3. Wanderfeldmaschine nach Anspruch 1, wobei
- jedes thermisch leitende Element (28) in die Wärmesenke (30) hineinragt oder mit
  - 30 deren Aussenwand (30a, 30b) thermisch leitend verbunden ist.
4. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- die Wärmesenke (30) eine koaxial zu den Leiterstäben (20) angeordnete Fluidkühlung ist.

- 10 -

5. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- jeder aus einem im wesentlichen ebenen dünnen Blech gebildete Stirnverbinder (22) zur Mittellängsachse des Ständers (10) bzw. des Läufers entweder im wesentlichen quer oder im wesentlichen tangential orientiert ist.

6. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- der Leiterstab (20) an seinen Enden jeweils einen Zapfen (20a) aufweist, der in eine Ausnehmung (22b) am Ende des Stirnverbinders (22) eingreift, um mit diesem eine elektrisch leitende Verbindung einzugehen.

7. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- die elektrisch leitende Verbindung durch Elektro-Impuls-Schweißen ausgeführt ist.

8. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- die Enden der Stirnverbinder (22) mit den Enden des Leiterstabes (20) durch Laserschweißen elektrisch leitend verbunden sind.

9. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- der Leiterstab (20) und/oder der Stirnverbinder (22) mit einem Keramik- oder Email-Überzug versehen sind.

10. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- die Wärmesenke durch Wandabschnitte (30a, 30b) gebildet ist, die mit den thermisch leitenden Elementen (28) einen Kanal für wärmeabführendes Fluid begrenzen.

11. Wanderfeldmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei  
- die Wandabschnitte der Wärmesenke (30) durch zur Mittellängsachse des Ständers (10) bzw. des Läufers konzentrische Ringelemente (30a, 30b) gebildet sind, von denen jeweils benachbarte Ringelemente (30a, 30a; 30b, 30b) thermisch leitende Elemente (28) zwischen sich aufnehmen.

12. Wanderfeldmaschine nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei  
- die Wandabschnitte (30a, 30b) der Wärmesenke (30) mit den thermisch leitenden Elementen (28) verlötet, verschweißt, verklebt oder anderweitig fluiddicht und im wesentlichen formbeständig verbunden sind.

- 11 -

13. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- die Wandabschnitte (30a, 30b) der Wärmesenke (30) und die thermisch leitenden  
Elemente (28) aus Kupfer, Aluminium, oder anderen thermisch leitenden Materialien  
gebildet sind.

5

14. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- die Wärmesenke (30) für die Stirnverbinder (22) mit einer Wärmesenke (40) für  
den Ständer (10) bzw. Läufer mit wenigstens einem Durchlass (42) fluidleitend ver-  
bunden ist

10

15. Wanderfeldmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei  
- die Wärmesenke für den Ständer (10) bzw. Läufer an dessen Rücken (10a) ange-  
ordnet ist.

15

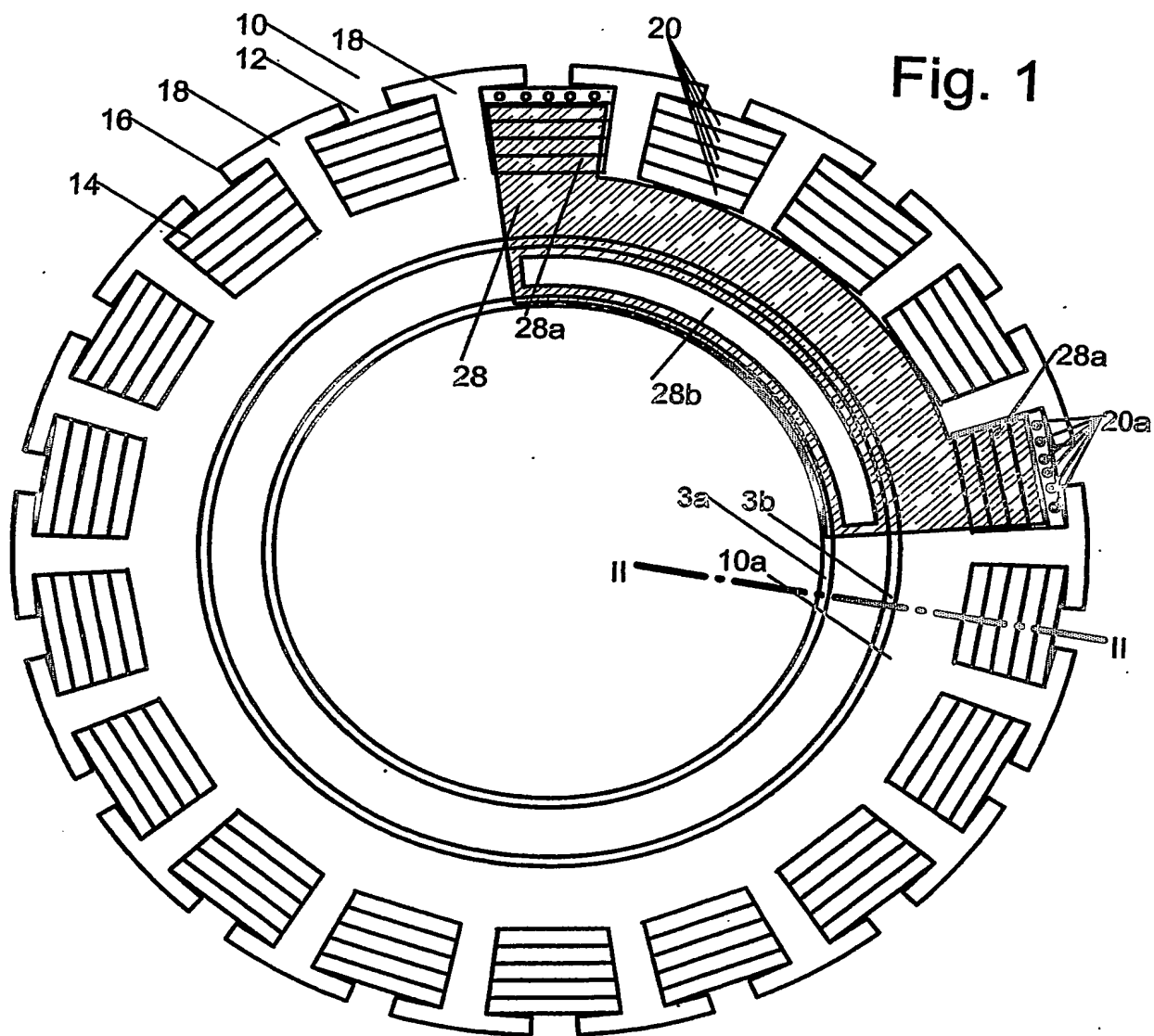
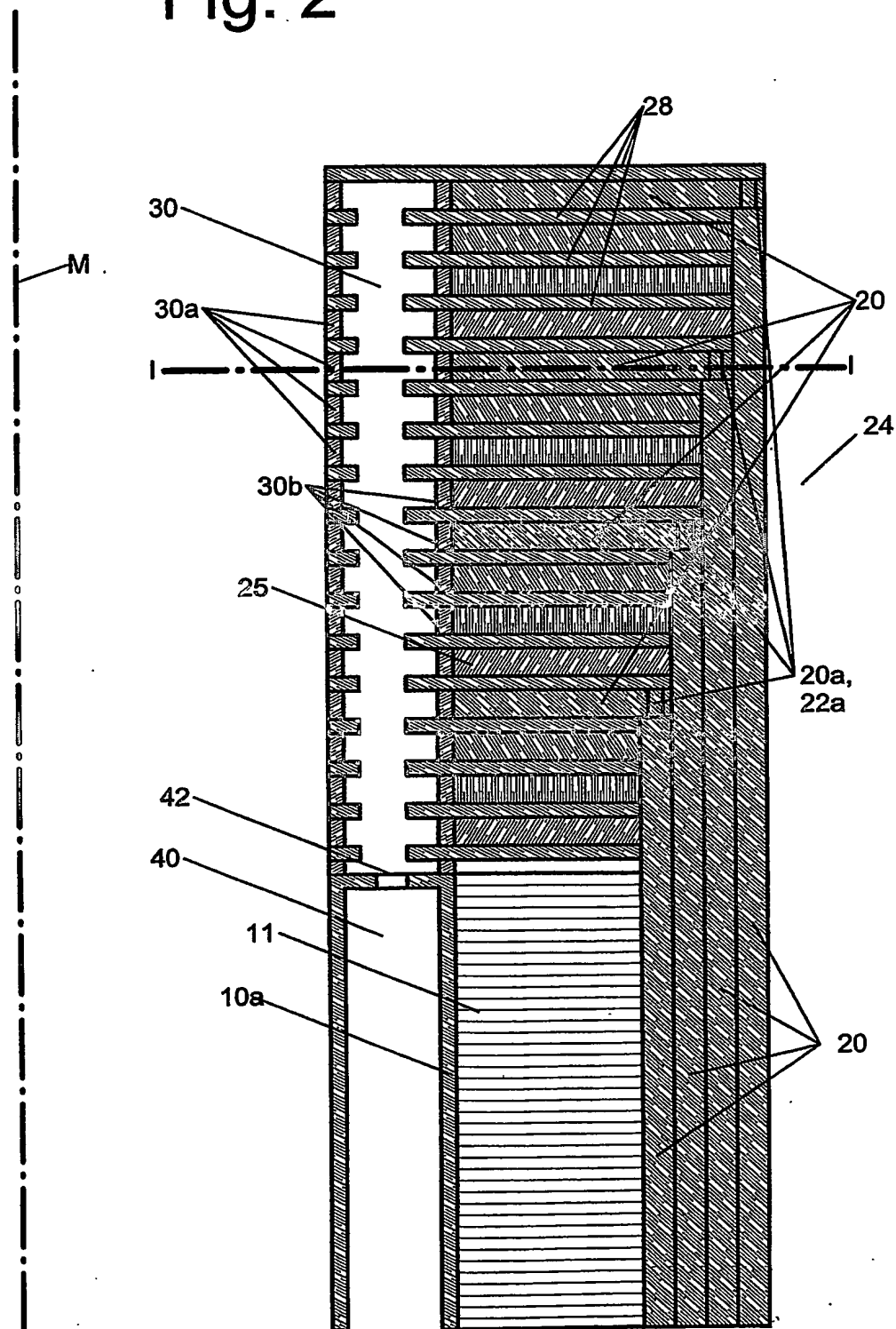


Fig. 2



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/002683

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H02K3/24 H02K3/50 H02K9/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | DE 40 04 019 A (MAGNET MOTOR GMBH)<br>14 August 1991 (1991-08-14)  | 1-3,5,10              |
| Y          | column 6, line 9 - line 45   | 4,6-9,<br>14,15       |
| Y          | EP 0 342 554 A (MAGNET MOTOR GMBH)<br>23 November 1989 (1989-11-23)<br>column 3, line 52 - column 4, line 28<br>column 5, line 38 - line 45            | 4,14,15               |
| Y          | WO 01/95461 A (HOFFMANN BERNHARD ; ISAD<br>ELECTRONIC SYS GMBH & CO (DE); HOLZHEU<br>GEORG) 13 December 2001 (2001-12-13)<br>page 23, line 3 - line 22 | 6-8                   |
| Y          | US 6 310 418 B1 (REGAN ROGER HENRY ET AL)<br>30 October 2001 (2001-10-30)<br>abstract  | 9                     |
|            | -----<br>-/--  |                       |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

17 June 2004

Date of mailing of the International search report

25/06/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Frapporti, M



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/002683

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                       | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | DE 44 21 269 C (VEM ELEKTROANTRIEBE GMBH)<br>12 October 1995 (1995-10-12)<br>the whole document<br>----- | 1-15                  |
| A          | DE 28 26 607 A (BBC BROWN BOVERI & CIE)<br>29 November 1979 (1979-11-29)<br>the whole document<br>-----  | 1-15                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/002683

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 4004019                                | A  | 14-08-1991          | DE 4004019 A1              | 14-08-1991          |
|   |    |                     | AU 7218591 A               | 03-09-1991          |
|   |    |                     | BR 9106002 A               | 03-11-1992          |
|   |    |                     | DE 59101678 D1             | 23-06-1994          |
|   |    |                     | WO 9112619 A1              | 22-08-1991          |
|   |    |                     | EP 0514424 A1              | 25-11-1992          |
|   |    |                     | ES 2053320 T3              | 16-07-1994          |
|   |    |                     | JP 5504236 T               | 01-07-1993          |
| EP 0342554                                | A  | 23-11-1989          | DE 3816652 A1              | 30-11-1989          |
|   |    |                     | AT 147904 T                | 15-02-1997          |
|   |    |                     | DE 58909764 D1             | 27-02-1997          |
|   |    |                     | EP 0342554 A1              | 23-11-1989          |
|   |    |                     | ZA 8903510 A               | 28-02-1990          |
| WO 0195461                                | A  | 13-12-2001          | DE 10028380 A1             | 20-12-2001          |
|   |    |                     | DE 10111509 A1             | 12-09-2002          |
|   |    |                     | AT 264560 T                | 15-04-2004          |
|   |    |                     | DE 50101993 D1             | 19-05-2004          |
|   |    |                     | WO 0195461 A1              | 13-12-2001          |
|   |    |                     | WO 0195462 A1              | 13-12-2001          |
|   |    |                     | EP 1287601 A1              | 05-03-2003          |
|   |    |                     | US 2004046475 A1           | 11-03-2004          |
|   |    |                     | WO 02073773 A1             | 19-09-2002          |
|   |    |                     | EP 1366557 A1              | 03-12-2003          |
| US 6310418                                | B1 | 30-10-2001          | GB 2277205 A               | 19-10-1994          |
|   |    |                     | AT 158450 T                | 15-10-1997          |
|   |    |                     | BR 9406241 A               | 09-01-1996          |
|   |    |                     | CA 2158161 A1              | 13-10-1994          |
|   |    |                     | CN 1120376 A , B           | 10-04-1996          |
|   |    |                     | DE 69405727 D1             | 23-10-1997          |
|   |    |                     | DE 69405727 T2             | 08-01-1998          |
|   |    |                     | DK 697148 T3               | 04-05-1998          |
|   |    |                     | EP 0697148 A1              | 21-02-1996          |
|   |    |                     | ES 2106516 T3              | 01-11-1997          |
|   |    |                     | FI 954644 A                | 29-09-1995          |
|   |    |                     | WO 9423487 A1              | 13-10-1994          |
|   |    |                     | GR 3025575 T3              | 31-03-1998          |
|   |    |                     | JP 3281922 B2              | 13-05-2002          |
|   |    |                     | JP 8508394 T               | 03-09-1996          |
| DE 4421269                                | C  | 12-10-1995          | DE 4421269 C1              | 12-10-1995          |
| DE 2826607                                | A  | 29-11-1979          | CH 627885 A5               | 29-01-1982          |
|   |    |                     | DE 2826607 A1              | 29-11-1979          |
|   |    |                     | DE 7818185 U1              | 21-02-1980          |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/002683

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H02K3/24 H02K3/50 H02K9/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | DE 40 04 019 A (MAGNET MOTOR GMBH)<br>14. August 1991 (1991-08-14)   | 1-3, 5, 10         |
| Y          | Spalte 6, Zeile 9 - Zeile 45   | 4, 6-9,<br>14, 15  |
| Y          | EP 0 342 554 A (MAGNET MOTOR GMBH)<br>23. November 1989 (1989-11-23)<br>Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 4, Zeile 28<br>Spalte 5, Zeile 38 - Zeile 45           | 4, 14, 15          |
| Y          | WO 01/95461 A (HOFFMANN BERNHARD ; ISAD<br>ELECTRONIC SYS GMBH & CO (DE); HOLZHEU<br>GEORG) 13. Dezember 2001 (2001-12-13)<br>Seite 23, Zeile 3 - Zeile 22 | 6-8                |
| Y          | US 6 310 418 B1 (REGAN ROGER HENRY ET AL)<br>30. Oktober 2001 (2001-10-30)<br>Zusammenfassung  | 9                  |
|            | -/--   |                    |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Juni 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/06/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Frapporti, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/002683

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | DE 44 21 269 C (VEM ELEKTROANTRIEBE GMBH)<br>12. Oktober 1995 (1995-10-12)<br>das ganze Dokument   | 1-15               |
| A          | DE 28 26 607 A (BBC BROWN BOVERI & CIE)<br>29. November 1979 (1979-11-29)<br>das ganze Dokument    | 1-15               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/002683

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 4004019   | A  | 14-08-1991                    | DE 4004019 A1                     | 14-08-1991                    |
|  |    |                               | AU 7218591 A                      | 03-09-1991                    |
|  |    |                               | BR 9106002 A                      | 03-11-1992                    |
|  |    |                               | DE 59101678 D1                    | 23-06-1994                    |
|  |    |                               | WO 9112619 A1                     | 22-08-1991                    |
|  |    |                               | EP 0514424 A1                     | 25-11-1992                    |
|  |    |                               | ES 2053320 T3                     | 16-07-1994                    |
|  |    |                               | JP 5504236 T                      | 01-07-1993                    |
| EP 0342554   | A  | 23-11-1989                    | DE 3816652 A1                     | 30-11-1989                    |
|  |    |                               | AT 147904 T                       | 15-02-1997                    |
|  |    |                               | DE 58909764 D1                    | 27-02-1997                    |
|  |    |                               | EP 0342554 A1                     | 23-11-1989                    |
|  |    |                               | ZA 8903510 A                      | 28-02-1990                    |
| WO 0195461   | A  | 13-12-2001                    | DE 10028380 A1                    | 20-12-2001                    |
|  |    |                               | DE 10111509 A1                    | 12-09-2002                    |
|  |    |                               | AT 264560 T                       | 15-04-2004                    |
|  |    |                               | DE 50101993 D1                    | 19-05-2004                    |
|  |    |                               | WO 0195461 A1                     | 13-12-2001                    |
|  |    |                               | WO 0195462 A1                     | 13-12-2001                    |
|  |    |                               | EP 1287601 A1                     | 05-03-2003                    |
|  |    |                               | US 2004046475 A1                  | 11-03-2004                    |
|  |    |                               | WO 02073773 A1                    | 19-09-2002                    |
|  |    |                               | EP 1366557 A1                     | 03-12-2003                    |
| US 6310418   | B1 | 30-10-2001                    | GB 2277205 A                      | 19-10-1994                    |
|  |    |                               | AT 158450 T                       | 15-10-1997                    |
|  |    |                               | BR 9406241 A                      | 09-01-1996                    |
|  |    |                               | CA 2158161 A1                     | 13-10-1994                    |
|  |    |                               | CN 1120376 A ,B                   | 10-04-1996                    |
|  |    |                               | DE 69405727 D1                    | 23-10-1997                    |
|  |    |                               | DE 69405727 T2                    | 08-01-1998                    |
|  |    |                               | DK 697148 T3                      | 04-05-1998                    |
|  |    |                               | EP 0697148 A1                     | 21-02-1996                    |
|  |    |                               | ES 2106516 T3                     | 01-11-1997                    |
|  |    |                               | FI 954644 A                       | 29-09-1995                    |
|  |    |                               | WO 9423487 A1                     | 13-10-1994                    |
|  |    |                               | GR 3025575 T3                     | 31-03-1998                    |
|  |    |                               | JP 3281922 B2                     | 13-05-2002                    |
|  |    |                               | JP 8508394 T                      | 03-09-1996                    |
| DE 4421269   | C  | 12-10-1995                    | DE 4421269 C1                     | 12-10-1995                    |
| DE 2826607   | A  | 29-11-1979                    | CH 627885 A5                      | 29-01-1982                    |
|  |    |                               | DE 2826607 A1                     | 29-11-1979                    |
|  |    |                               | DE 7818185 U1                     | 21-02-1980                    |